

## **CRECIMIENTO, ENERGÍA Y MEDIOAMBIENTE**

**María de la Palma Gómez-Calero Valdés**

**María del Pópulo Pablo-Romero Gil-Delgado**

**Universidad de Sevilla**

### **1. Introducción**

Desde que el Club de Roma hiciera publico el informe sobre los limites del crecimiento, se ha prestado un interés notable sobre el modo en que el crecimiento económico genera daños medioambientales, y como la necesidad de reducir esos impactos implicaba la toma de decisiones sobre determinados factores, llegando incluso a debatirse la necesidad de frenar el crecimiento económico a fin de reducir el daño medioambiental. A pesar de que más adelante, estas visiones tan pesimistas se fueron abandonando, el interés en mostrar las relaciones entre el crecimiento económico y los efectos medioambientales ha sido creciente, pudiéndose destacar que una de las vías de contaminación más destacadas del propio crecimiento económico ha sido y sigue siendo el uso de energía. Es así que las tres variables se encuentran estrechamente relacionadas. La energía es necesaria para el crecimiento económico y este puede generar daño medioambiental.

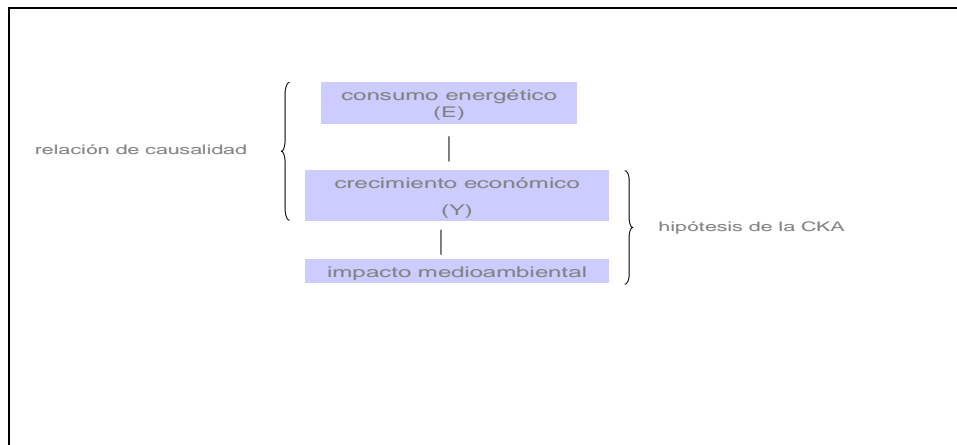
El uso de la energía implica en cualquier caso daños medioambientales, desde el proceso de extracción hasta su uso o consumo. Daños tales como polución, ruidos, daños en el terreno..., incluso daños geomorfológicos derivados de la propia extracción de la energía. De hecho, cualquier actividad humana requiere del uso de energía y por tanto genera daños medioambientales. En este sentido, como afirma Common (1995) el uso de energía puede considerarse una Proxy del impacto medioambiental de la actividad humana en general. Siendo esto así, afirma Stern et al. (2004), es imposible eliminar plenamente los daños medioambientales, pues toda actividad humana implica uso de energía y esta genera daños en el entorno. Es pues, que la reducción de los daños medioambientales dependen de la reducción del uso de energía, pero esta reducción implica una reducción del crecimiento económico, al estar vinculado ambos factores.

Los impactos medioambientales del uso energético, no obstante, difieren según las fuentes energéticas empleadas y del cambio tecnológico. Si bien es cierto que estos cambios a menudo generan nuevos impactos desconocidos hasta entonces.

Es por tanto, que el análisis de los daños medioambientales ocasionados por la actividad productiva puede enfocarse mediante la relación de estas variables y estará

condicionado por las relaciones que existan entre energía y crecimiento económico y entre este último y daños medioambientales. En la figura 1, se recogen estas relaciones entre las variables y las principales fuentes de su análisis. Los estudios entre consumo energético y crecimiento económico se basan en el análisis de la relación de causalidad entre las variables. Esta relación es esencial de cara a determinar en que modo las reducciones de energía generan disminución de crecimiento económico. Los estudios entre crecimiento y daño medioambiental se basan en la conocida hipótesis de la curva de Kuznets ambiental. Esta curva muestra que si bien en estadios de desarrollos bajos, el crecimiento genera daño ambiental, y este es creciente, a partir de un determinado nivel de desarrollo, el crecimiento empieza a disminuir los daños medioambientales, por lo que mayor crecimiento resultaría ser favorable para el medioambiente. Esta hipótesis ha sido largamente debatida y tiene tanto puntos a favor como en contra que merecen ser analizados.

Figura 1. Relación entre energía, crecimiento económico e impacto medioambiental



Fuente: Elaboración propia

Es así que en este trabajo, con el fin de analizar las relaciones entre las tres variables, vamos a dividir el estudio en dos grandes apartados. En el primero se analiza la relación de causalidad entre energía y crecimiento económico, y en el segundo, se analiza la curva de Kuznets ambiental, su difusión y sus limitaciones.

## 2. La relación de causalidad entre energía y crecimiento económico

La importancia del consumo de energía en el crecimiento económico moderno es un hecho que ya el propio Jevons destacó en 1865, diciendo que “con el carbón casi todas las hazañas son posibles o fáciles”. Más tarde, en 1934 Mumford publicó una obra en la que explicaba la relación entre los cambios energéticos y la evolución de la historia. Consideraba que la evolución se debía a un cambio tecnológico y este era posible por la disponibilidad de determinadas fuentes energéticas. Esta idea ha sido desarrollada más adelante por Cipolla (1962) y Wrigley (1962), que muestran el importante papel que juega el input energético en el desarrollo económico moderno.

Estos estudios que relacionaban estas variables caían no obstante del lado de la historia y de la historia económica, cabiendo señalar que hasta esa fecha el único referente relevante que muestra la importancia de la energía en el ámbito productivo es el trabajo de Schurr et al. (1960) quienes analizan la evolución de economía americana entre 1850 y 1975 mostrando la complejidad y la importancia de este insumo productivo tanto para la producción fabril de cada unidad, como para la economía agregada. Aun así, este estudio de carácter económico, difiere de los estudios realizados con posterioridad, debido a que se enmarca dentro de lo que se conoce como Economía Política.

El gran desarrollo de los estudios que relacionan la energía con el crecimiento económico vino algo después. Se puede situar en la década de los setenta después de que se declarara la crisis de la energía, momento en el cual los estudios sobre este tema se enfocan hacia el modo de establecer una adecuada política energética, siendo esencial la hipótesis para explicar la dirección de causalidad entre consumo de energía y PIB real. En este sentido, se barajan diversas posibilidades. La hipótesis del crecimiento implica que el consumo de energía contribuye directamente al crecimiento económico, de modo que limitar el consumo de energía conduce a disminuir la producción real. La hipótesis conservadora considera que las políticas de conservación energética que reducen el consumo de energía no tienen por qué impactar negativamente sobre el PIB. Por último, es posible que la relación de causalidad sea recíproca, indicando que los factores actúan de forma complementaria. La primera hipótesis se confirma si la relación de causalidad es única y la dirección va de la energía al crecimiento del PIB. La segunda, si la relación es única y su dirección del PIB a la energía y la última, si la dirección es bidireccional. Por último, también es posible no observar ningún tipo de relación, en cuyo caso, la política energética es neutral respecto al crecimiento económico.

Este interés por determinar esta relación causal determino que fueran apareciendo sucesivos estudios, relativos inicialmente a la economía americana. Entre ellos se puede citar como primera referencia el trabajo de Brent (1974). No obstante, fue el trabajo seminal de Kraft and Kraft (1978) el que sirvió de referencia para el desarrollo de numerosos estudios posteriores. Si bien, y en general, los resultados no han sido clarificadores de la dirección de causalidad, ni siquiera de la existencia de esta relación, ya que los resultados están condicionados por el tamaño muestral, la medición de las variables utilizadas y la metodología econométrica empleada.

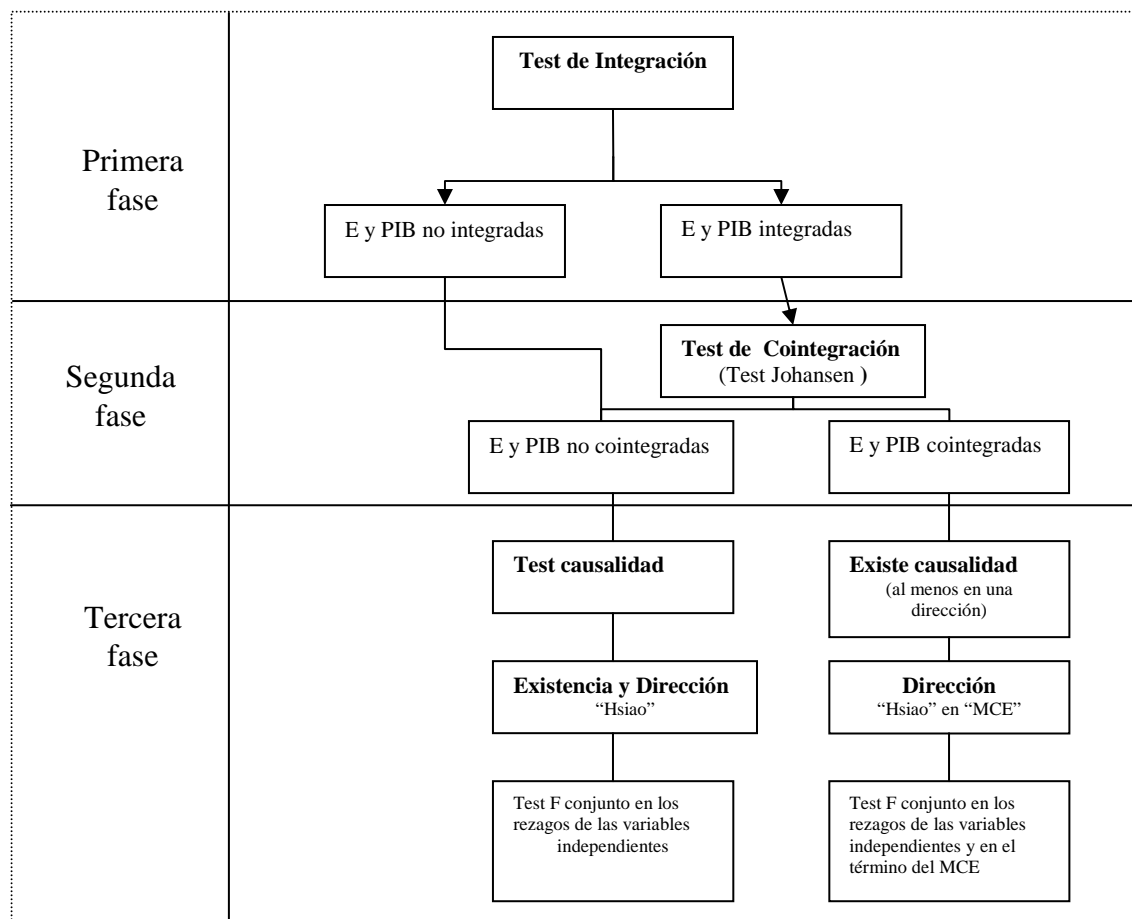
Todos estos estudios de causalidad se basan en el concepto desarrollado por C. Granger a finales de los años 1960's. En términos formales (Granger, 1969) esta causalidad se define como: *si un evento "A" ocurre después del evento "B", entonces "A" no puede causar a "B"*, de tal forma que el futuro no puede causar el pasado. Por lo tanto, desde el punto de vista econométrico se deben estimar dos ecuaciones que muestran la relación entre las variables utilizando rezagos de la producción y de la energía, y cuya definición depende de la existencia o no de cointegración entre las variables, siendo Stern (2000) el que propuso la incorporación de esta metodología en los análisis de causalidad entre energía y crecimiento económico.

Por otro lado, los trabajos empíricos sobre la causalidad entre la energía y el PIB han demostrado ser sensibles a la elección de la estructura de rezagos de las variables explicativas, por ello los últimos trabajos publicados utilizan sistemáticamente el criterio de Hsiao (1981) que permite determinar el número de rezagos óptimos cuando se emplea el test de causalidad, para ello se apoyan en el criterio del Error de Predicción Final (EPF) de Akaike (1969).

Estas etapas que se aplican en los estudios recientes se recogen en la figura 2, que se incluye con el ánimo de mostrar de forma esquemáticas el proceso de las estimaciones empíricas realizadas

Así pues, la falta de evidencia concluyente respecto a la relación causal entre la energía y la actividad económica está condicionada con la metodología empleada, el tamaño muestral y el período cubierto. Por otro lado, la falta de consistencia de los resultados también esta relacionada con la omisión de otras variables esenciales para mostrar el crecimiento económica. Entre ellos, el trabajo, el capital y el cambio tecnológico (Stern y Clevelan, 2004). De hecho, trabajos recientes que incluyen estas variables tienden a ser más favorables para demostrar que es la energía la determinante del crecimiento. (Stern, 2004; Oh y Lee, 2004)

Figura 2. Etapas en la verificación empírica de la causalidad



Fuente: Figura tomada de Chontanawat, J., *et al.* (2004).

Notas: “MCE” = Modelo de Corrección de Errores,

Tratando de resumir los resultados de los análisis realizados hasta el momento, podemos señalar varios estudios que han tratado de recopilar los diversos trabajos que siguen ofreciendo resultados heterogéneos, a pesar de que las técnicas econométricas se han perfeccionado notablemente.

En el contexto de los resultados de los análisis referidos a las siete economías más poderosas del mundo, cabe mencionar el trabajo de Zachariadis (2007) cuyos principales resultados se recogen en la Tabla 1. Su conclusión principal es que no existe un sentido de causalidad concordante, ni entre países ni entre los propios países, pudiéndose dar hasta las cuatro posibilidades de relación entre las variables.

Tabla1.

Resultados de recientes Estudios de Causalidad en los países del G-7

País	Autores	Método	Periodo	Resultado
Canadá	Erol & Yu (1988) Lee (2006)	Granger Standard Toda- Yamamoto	1950-1982 1965-2001	$E \rightarrow Y$
	Chontanawat et al. (2006)	Hsiao	1960-2000	$E \leftarrow Y$
	Ghali & El-Sakka (2004)	VECM	1961-1997	$E \leftrightarrow Y$
	Erol & Yu (1988) Soytas & Sari (2003)	Granger Standard VECM	1950-1973 1950-1992	$E - Y$
Francia	Soytas & Sari (2003)	VECM	1950-1992	$E \rightarrow Y$
	Lee (2006)	Toda- Yamamoto	1965-2001	$E \leftarrow Y$
	Chontanawat et al. (2006)	Hsiao	1960-2000	$E \leftrightarrow Y$
	Erol & Yu (1988) Erol & Yu (1988)	Granger Standard Granger Standard	1950-1982 1950-1973	$E - Y$
Alemania	Soytas & Sari (2003)	VECM	1950-1992	$E \rightarrow Y$
	Erol & Yu (1988)	Granger Standard	1950-1982	$E \leftarrow Y$
	Chontanawat et al. (2006)	Hsiao	1960-2000	$E \leftrightarrow Y$
	Erol & Yu (1988) Lee (2006)	Granger Standard Toda- Yamamoto	1950-1973 1965-2001	$E - Y$
Italia	Erol & Yu (1988) Soytas & Sari (2003) Lee (2006)	Granger Standard VECM Toda- Yamamoto	1950-1982 1950-1992 1965-2001	$E \leftarrow Y$
	Chontanawat et al. (2006)	Hsiao	1960-2000	$E \leftrightarrow Y$
	Erol & Yu (1988) Erol & Yu (1988)	Granger Standard Granger Standard	1950-1982 1950-1973	$E - Y$
Japón	Soytas & Sari (2003)	VECM	1950-1992	$E \rightarrow Y$
	Erol & Yu (1988) Lee (2006)	Granger Standard	1950-1982 1965-2001	$E \leftrightarrow Y$

	Erol & Yu (1988)	Toda-Yamamoto Granger Standard	1950-1973	
	Erol & Yu (1988) Chontanawat et al. (2006)	Granger Standard Hsiao	1950-1982 1960-2000	$E \leftarrow Y$
Reino Unido	Erol & Yu (1988)	Granger Standard	1950-1973	$E \rightarrow Y$
	Erol & Yu (1988) Soytas & Sari (2003) Chontanawat et al. (2006) Lee (2006)	Granger Standard VECM Hsiao Toda-Yamamoto	1950-1982 1950-1992 1960-2000 1965-2001	$E - Y$
Estados Unidos	Stern (1993) Stern (2000)	Granger Standard VECM	1947-1990 1947-1994	$E \rightarrow Y$
	Kraft & Kraft (1978) Abosedra & Baghestani (1991)	Granger Standard Granger Standard	1947-1974 1947-1974	$E \leftarrow Y$
	Yu & Hwang (1984) Cheng (1990)	Granger Standard Hsiao	1947-1979 1947-1990	$E - Y$

Fuente: Zachariadis (2007)

Por otro lado, Shiu y Lam (2004) realizan un trabajo de recopilación de estudios similar al anterior pero para las economías asiáticas, resumido en la tabla 2. En este caso, la variabilidad es similar a la observada para los más desarrollados. Por ultimo, cabe señalar también, el mismo estudio realizado para los países latinoamericanos realizado por Jofre (2006), que vuelve a mostrar esta disparidad de resultados. Estos resultados se recogen en la tabla 3.

Tabla2. Resultados de Estudios de Causalidad en países asiáticos

País	Autores	Método	Periodo	Resultado
India	Masih& Masih(1996)	Corrección de error	1955-1990	$E \rightarrow Y$
	Asafu -Adjaye (2000)	Corrección de error	1971-1995	
	Ghosh (2002)	VAR sin restricciones	1950-1997	$E(e.l.) \leftarrow Y$
Indonesia	Masih & Masih(1996)	Corrección de error	1955-1990	$E \rightarrow Y$
	Asafu -Adjaye (2000)	Corrección de error	1971-1995	$E - Y$
Japón	Erol & Yu (1987)	Granger Stándard	1950-1982	$E \rightarrow Y$

	Erol & Yu (1987)	Granger Stándard	1950-1973	$E \leftarrow Y$
Malasia	Masih& Masih(1996)	Corrección de error	1955-1990	$E - Y$
Pakistán	Masih& Masih(1996)	Corrección de error	1955-1990	$E \leftarrow Y$
Filipinas	Yu & Choi (1985)	Granger Stándard	1954-1976	$E \rightarrow Y$
	Asafu -Adjaye (2000)	Corrección de error	1971-1995	$E \leftrightarrow Y$
	Masih& Masih(1996)	Corrección de error	1955-1990	$E - Y$
Singapur	Glasure & Lee (1997)	Corrección de error Granger Stándard	1961-1990	$E \leftrightarrow Y$
	Masih& Masih(1996)	Corrección de error	1955-1990	$E - Y$
Korea del Sur	Yu & Choi (1985)	Granger Stándard	1954-1976	$E \rightarrow Y$
	Glasure & Lee (1997)	Corrección de error	1961-1990	$E \leftrightarrow Y$
	Glasure & Lee (1997)	Granger Stándard	1961-1990	$E - Y$
Sri Lanka	Masih& Masih(1996)	Corrección de error	1955-1990	$E \rightarrow Y$
Taiwán	Yang (2000)	Corrección de error	1954-1997	$E \rightarrow Y$
	Cheng & Lai (1997)	Granger and Hsiao	1955-1993	$E \leftarrow Y$
	Hwang & Gum (1992)	Granger and Hsiao	1961-1990	$E \leftrightarrow Y$
Tailandia	Masih& Masih(1998)	Corrección de error	1955-1991	$E \rightarrow Y$
	Asafu-Adjaye (2000)	Corrección de error	1971-1995	$E \leftrightarrow Y$

Fuente: Shiu & Lam (2004)

Tabla3. Resultados de Estudios de Causalidad en países Latinoamericanos

País	Autores	Periodo	Resultado
Argentina	Nachame, <i>et al.</i> (1988)	1950 – 1985	PIB – E
	Soytas, <i>et al.</i> (2003)	1950 – 1990	PIB $\leftrightarrow$ E
	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
Bolivia	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
Brasil	Cheng (1997)	1963 – 1993	$E \rightarrow$ PIB
	Nachame, <i>et al.</i> (1988)	1950 – 1985	PIB– E
	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB $\leftrightarrow$ E
Chile	Nachame, <i>et al.</i> (1988)	1950 – 1984	PIB – E
	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	$E \rightarrow$ PIB
Colombia	Nachame, <i>et al.</i> (1988)	1950 – 1985	PIB – E



	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
Costa Rica	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB→ E
Cuba	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB→ E
Ecuador	Falconí (2002)	1970 – 1998	PIB→E
	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
El Salvador	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB→ E
Guatemala	Nachame, <i>et al.</i> (1988)	1950 – 1985	PIB – E
	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB→ E
Haití	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
Honduras	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
Jamaica	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
México	Cheng (1997)	1949 – 1993	PIB – E
	Nachame, <i>et al.</i> (1988)	1950 – 1985	PIB – E
	Liddle (2004)	1965 – 2000	PIB – E
	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1960 – 2000	E → PIB
Nicaragua	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
Panamá	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB → E
Paraguay	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
Perú	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB → E
República Dominicana	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB – E
Trinidad y Tobago	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB ↔ E
Uruguay	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB → E
Venezuela	Cheng (1997)	1952 – 1993	PIB – E
	Nachame, <i>et al.</i> (1988)	1950 – 1985	PIB – E
	Chontanawat, <i>et al.</i> (2004)	1971 – 2000	PIB → E

Fuente: Jofre (2006)

Jofre (2006) destaca que hay varios elementos que pueden estar detrás de estos resultados dispares. Entre ellos destaca los siguientes:

1. Problemas metodológicos
2. Mezcla de regimenes de los precios de energía. En este sentido destaca que en un intento de ampliar el número de años de la muestra incluyen periodos anteriores a la crisis del petróleo y posteriores a este, estableciendo conjuntamente periodo con niveles de precios energéticos bajos y altos.
3. Países con diferencias estructurales. Se puede asociar a diferencias institucionales, estructurales y políticas (Masih, A.M.M. *et al.*, 1996)
4. Efectos directos e indirectos. Stern, D. *et al.* (2004) y Liddle, B. (2004) señalan que el comportamiento del consumo de la energía está mezclado porque son el resultado de los efectos en el tiempo de comportamientos vinculados con el aumento del consumo energético en los hogares, en los transportes y con una reducción en el uso de energía en la industria y la construcción. Los modelos sencillos no permiten capturar estos cambios.
5. La agregación de los datos de energía también tiene repercusiones sobre los resultados. En este sentido cabe destacar, de acuerdo Sari, R. *et al.* (2004) que con cuando se agrega la información del consumo de energía sumando las diferentes fuentes por medio de una unidad energética se oculta la diversidad de las fuentes usadas y los procesos de sustitución que ocurren en el tiempo. En este sentido, el trabajo de Saif, S. (2006) que analiza la correlación entre el PIB y el consumo de energía, distinguiendo por fuentes, muestra distinta causalidad según se agreguen o no las mismas.
6. Por ultimo, cabe señalar la hipótesis de la neutralidad, que considera que la principal causa de esta neutralidad es que el costo de la energía es una pequeña proporción del PIB, por lo que no tiene un impacto significativo en el crecimiento económico.

De este modo, y dadas tantas variables que entran en el análisis es conveniente tener en cuenta estas dificultades a la hora de interpretar estos resultados. Si bien, se puede apreciar, como afirma Chontanawat, J. *et al.* (2004) que se encuentra una relación de causalidad en el 80% de los países de la OECD y en el 53% de los países no OECD, por lo que en cierto modo la relación se estrecha cuando los países van desarrollándose y se generaliza el uso de energía y de energía no tradicional.

### **3. Relación entre crecimiento económico y presión ambiental**

La existencia de periodos de rápido crecimiento económico con efectos negativos sobre el medio ambiente dio lugar, en los años sesenta, a la promulgación del objetivo de “crecimiento cero”, que perseguía una mayor protección medioambiental. Desde entonces, la incidencia del crecimiento económico en la calidad del medio ambiente es una cuestión sometida a debate. Los estudios sobre esta cuestión se han centrado en la relación entre economía y medio ambiente y surgen a comienzos de la década de los años setenta, con la celebración en Estocolmo, en 1972, de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente que destacaba el derecho de las personas al medio ambiente y la urgencia de tener en cuenta la cuestión ambiental en el diseño de las políticas económicas. Ese mismo año se publica el informe Los límites del crecimiento (Meadows et al., 1972) que analiza desde el lado más pesimista la relación entre crecimiento y medio ambiente por lo que propone un crecimiento cero para evitar mayores daños en el sistema.

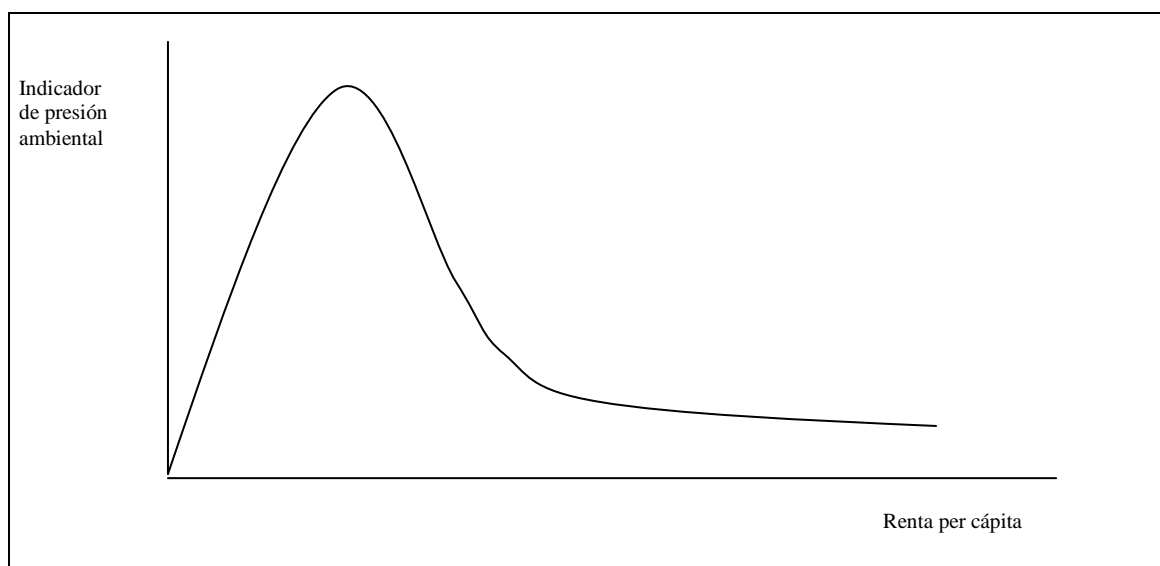
A comienzos de la década de los noventa, los estudios de Grossman y Krueger (1991), Shafik y Bandyopadhyay (1992) y el Banco Mundial (1992), ofrecen una visión más optimista de esa relación al evidenciar una relación en forma de U invertida entre diversos tipos de contaminantes (óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, partículas suspendidas y plomo) y niveles de ingreso, lo que dio lugar a un intenso debate, pues este nuevo argumento parecía permitir conciliar la preocupación por la sostenibilidad con la búsqueda del crecimiento económico, pues sugiere que la calidad ambiental inicialmente se degrada, pero una vez alcanzado un nivel de riqueza suficiente, mayores niveles de riqueza comportan una menor degradación medioambiental.

Fue Panayotou (1993) quien introdujo en la literatura esta relación en forma de U invertida con el nombre de hipótesis de la “curva de Kuznets ambiental” (CKA) por la similitud que guarda con la relación que Kuznets (1955) sugirió con muchas cautelas, que podría existir entre niveles de desigualdad y renta per cápita. Desde entonces, esta hipótesis se ha convertido en un punto de referencia a la hora de analizar la relación entre el medio ambiente y el crecimiento económico y encontrar políticas que traten de reducir el deterioro medioambiental y el uso adecuado de los recursos naturales.

### 3.1. Difusión de la Hipótesis

La relación entre crecimiento económico y deterioro del medio ambiente es sin duda compleja. Desde la década de los noventa los estudios sobre esa relación se han centrado básicamente en la denominada hipótesis de la curva de Kuznets ambiental (CKA) o relación en forma de U invertida (figura 3) para referirse al hecho de que en los estadios iniciales el crecimiento económico tiene efectos negativos sobre el medio ambiente pero a partir de un determinado nivel de renta per cápita la degradación ambiental se reduce.

Figura 3. Curva de Kuznets Ambiental



Entre los principales motivos por los que esta hipótesis ha tenido tanta repercusión cabe señalar los siguientes. En primer lugar esta asociada a un Premio Nobel de economía, Simon Kuznets (1901-1985). Además, para algunos economistas representaba la demostración de que el crecimiento económico genera efectos beneficiosos y no perjudiciales sobre el medioambiente, llegando a defender incluso el argumento, un tanto optimista, de que la mejor – y probablemente la única- vía para lograr un mejor medioambiente es que la mayoría de los países se hagan ricos (Beckerman, 1992). En tercer lugar, la hipótesis ofrecía una perspectiva tranquilizadora a los responsables de la política económica, pues como la CKA muestra que en economías desarrolladas los

mayores ingresos están correlacionados con un menor nivel de degradación ambiental, las recomendaciones de la política económica deben consistir en impulsar el crecimiento económico, lo que reduciría la contaminación. Así pues, la hipótesis parecía permitir conciliar las preocupaciones por la sostenibilidad con la búsqueda del crecimiento económico. También contribuyó a la difusión de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental el estudio empírico de Grossman y Krueger (1991), que fueron los primeros en evidenciar la relación en forma U invertida entre desarrollo económico y concentraciones urbanas de distintos contaminantes. Este estudio formaba parte de otro más amplio sobre las implicaciones medioambientales del Tratado de Libre Comercio de América del Norte y una de las conclusiones a las que llegaba, para el caso de la economía mexicana, – si un mayor comercio internacional conducía a un mayor crecimiento económico, también supondría menos degradación ambiental-, era muy favorable al pensamiento económico del momento. Por último, influyó a la difusión de la hipótesis el estudio empírico de Shafik y Bandyopadhyay (1992), en el que se mostraba una relación en forma de U entre la renta per cápita de un país y su nivel de calidad medioambiental. Este trabajo sirvió de base para el Informe Sobre el Desarrollo Mundial publicado por el Banco Mundial en 1992, en el que este organismo internacional avalaba la hipótesis de la CKA al afirmar que “a medida que los ingresos aumentan, la capacidad para invertir en mejores condiciones ambientales y la disposición a hacerlo aumentan también”<sup>1</sup>.

### **3.2. La evidencia empírica**

Numerosos trabajos empíricos han tratado de encontrar evidencias de la existencia de una curva en forma de U invertida que describe la relación entre crecimiento económico y presión ambiental. Aunque todos los trabajos presentan similitudes en cuanto a los datos utilizados - generalmente un panel de observaciones para distintos países en diferentes periodos de tiempo- y la metodología, sin embargo en general no existe consenso sobre cómo evoluciona la relación entre los diferentes contaminantes y el crecimiento económico. De hecho, la mayoría de los contaminantes que se han considerado en la literatura no siguen de forma inequívoca la relación en forma de U invertida que sugiere la hipótesis de la CKA (Ekins, 1997; de Bruyn y Heintz, 1999). Así, De Bruyn (2000) realiza una síntesis de los resultados obtenidos en diferentes

---

<sup>1</sup> Banco Mundial, 1992, pp. 43.

estudios empíricos para estimar la relación entre diversos contaminantes y PIB per cápita. Estos resultados aparecen recogidos en la Tabla 4.

Tabla 4

Relaciones entre contaminantes y PIB per cápita

Autores	Año	Método (efecto)	SO <sub>2</sub>	MPS	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	Coniformes fecales	Demanda de oxígeno	Deforestación
Grossman y Krueger	1995	MCG (ea)	N	CKA		CM C	CKA	CKA	
Shafik y Bandyopadhyay	1992	MCO (ef)	CK A	CKA			N	CMC	C. plano
Panayotou	1993	MCO (sca)	CK A	CKA	CKA				CKA
Selden y Song	1994	MCG (ea ef)	CK A	CKA	CKA				
Torras y Boyce	1998	MCO (sca)	N	C. plano			C. plano	N	
Kaufmann et al.	1998	MCG (ea, ef)	U						
Holtz-Eakin	1995	MCO (ef)				CK A			

Fuente: De Bruyn (2000)

CKA: curva en forma de U invertida

N: curva en forma de N

U: curva en forma de U

CMC: curva monótonamente creciente

C. plano: comportamiento plano

ef: efectos fijos; ea: efectos aleatorios; sca: datos agrupados de sección cruzada.

Esta amplia variedad de comportamientos de la relación entre contaminantes y renta per cápita hace dudar sobre la validez de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental y no la hace generalizable a la relación global entre economía y medioambiente. Entre las causas que pueden explicar esta diversidad de los resultados empíricos se encuentran las que hacen referencia a la utilización de emisiones o concentraciones como medida (*proxy*) de los indicadores de presión ambiental, ya que según se use una u otra medida el resultado de la estimación del punto umbral de la CKA será diferente; más bajo en aquellos trabajos empíricos que utilizan concentraciones de contaminantes (Correa, 2004). También se ha señalado que el uso de diferentes técnicas econométricas explica la diversidad en los resultados de los estudios empíricos (Selden y Song, 1994, Stern y Common, 2001). Otro factor que puede influir en los resultados de los estudios es la muestra de países que se utiliza. Así, cuando se utilizan bases de datos con distintas selecciones de países los resultados pueden ser contradictorios (Correa, 2004, Grossman y Krueger, 1995, Shafik y Bandyopadhyay, 1992). Por último, los datos del PIB que se utilicen para cada país, así como las variables adicionales que se incluyan en la regresión, como densidad de población (Selden y Song, 1994), el ingreso rezagado (Grossman y Krueger, 1995), indicadores de comercio (Shafik y Bandyopadhyay 1992), de estructura económica (Lucas et al., 1992, Suri y Chapman, 1998, Kaufmann et al., 1998), de derechos políticos (Torra y Boyce, 1998, Shafik y Bandyopadhyay 1992), etc..., también pueden ser causantes de esa diversidad de resultados (Correa, 2004, Suri y Chapman, 1998).

### **3.3. Teorías en las que se basa la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental**

La dificultad para justificar teóricamente la relación que la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental sugiere que se da entre crecimiento económico y presión ambiental, se encuentra en el hecho de que sea el propio crecimiento de la renta per cápita el que explique que la degradación ambiental disminuya (Roca y Padilla, 2003). De ser así, esta hipótesis debería justificarse por algún tipo de cambio endógeno vinculado al propio crecimiento de la renta per cápita.

En este sentido, han sido varias las explicaciones teóricas que se han dado para justificar la existencia de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental. Una primera explicación es aquella que parte de la consideración de que el medio ambiente es un bien de lujo, es decir, un bien con elasticidad de la demanda respecto a la renta mayor que la unidad.,

por lo que al aumentar la renta la demanda aumenta más que proporcionalmente. Esto significa que a medida que aumenta el nivel de renta per cápita de un país sus ciudadanos están más preocupados por la calidad ambiental y por tanto, más dispuestos a pagar para obtener mejoras ambientales. Esta idea es la que prevalece en los trabajos de McConnell (1997), Selden y Song (1995), López (1994) y De la Calle (1999). No obstante, la validez de los modelos utilizados en esos trabajos ha sido cuestionada por diversos motivos. Entre esos motivos, cabe destacar que la calidad ambiental es por lo general un bien público (Roca y Padilla, 2003) o la existencia de resultados no concluyentes acerca de que un mayor nivel de ingreso aumenta la preocupación y la disposición de los consumidores por un medio ambiente de mayor calidad (Pereyra y Rossi, 1996; Stagl, 1999 y Costa, 1997). Otra explicación teórica de la hipótesis se basa en el efecto composición desde sistemas económicos basados en la agricultura hacia economías basadas en el sector servicios (Gitli y Hernández, 2002). Sector que adquiere más peso conforme el nivel de industrialización de una economía se acelera, y que es característico del patrón de crecimiento que han venido mostrando las economías desarrolladas. Quienes defienden este argumento asocian el desplazamiento que el sector servicios hace al sector industrial en las economías desarrolladas con una disminución de las emisiones de contaminantes al ser las actividades industriales las intensivas por excelencia en consumo de energía y emisiones tóxicas (Hettige et al., 1998 y Rothman, 1998). Frente a este argumento, se la señalado que si bien ese ha sido el patrón de crecimiento predominante en muchas economías hoy desarrolladas, eso no implica que necesariamente tenga que seguir siéndolo para las economías que aun se encuentran en vías de desarrollo, sobre todo, porque en algunas de ellas el principal componente del PIB lo representa el sector servicios, como sucede en el caso de Nueva Zelanda con el sector turístico. Una explicación adicional de la relación entre crecimiento económico y calidad ambiental planteada por la hipótesis de la CKA señala que el progreso tecnológico tiene dos efectos positivos sobre el medio ambiente. Por un lado, al aumentar la eficiencia de los procesos productivos reduce la cantidad necesaria de factores para producir la misma cantidad de producto. Por otro lado, es posible que el progreso tecnológico aumente la posibilidad de sustitución de recursos altamente contaminantes por otros menos perjudiciales para el medioambiente. Por último, el hecho de que los países en vías de desarrollo importen tecnología con lo que sus patrones de crecimiento tendrán efectos menos perjudiciales sobre el medioambiente. En relación a estos argumentos sobre la menor degradación medioambiental que genera



el cambio tecnológico se ha señalado que en muchas ocasiones éste también comporta nuevos procesos y productos con presiones ambientales asociadas que no tienen por qué ser menos preocupantes que la anterior tecnología, así como que sus efectos finales no siempre son fácilmente previsibles (Schipper, 2000; Giampietro, 1999).

### **Conclusiones generales**

La relación entre energía, crecimiento y medioambiente, es propia de las economías actuales en sus diversos niveles de desarrollo. La relación entre energía y crecimiento se muestra empíricamente que existe en un 80 por ciento, aproximadamente, de los estudios realizados. No obstante, el sentido de esa relación no está determinado, habiendo varias causas que lo justifican. Entre ellas, los distintos modos de producción y uso energético. A pesar de ello, la relación existe y, por tanto, si el crecimiento se relaciona con el medioambiente, la energía también. Es más, no hay actividad humana que no implique uso de energía ni uso de energía que no altere el medio ambiente. Por tanto, todo crecimiento económico tiene efectos medioambientales.

El estudio de estos efectos a través de la Curva de Kuznets Ambiental, ha ido evolucionando y mejorando la explicación del porqué a mayor crecimiento puede observarse en ciertos casos un descenso del deterioro medioambiental, poniéndose en entredicho lo que sugiere la hipótesis de la curva. En este sentido, factores como el cambio tecnológico, la calidad medioambiental y otros, sugieren la necesidad de apostar activamente por políticas de vigilancia y actuación sobre los efectos de las distintas actividades económicas y de las energías utilizadas para llevarlas a cabo.

### **Bibliografía**

Akaike, H. (1969) "Statistical predictor identification", *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 21, pp. 203-217.

Banco Mundial (1992) *Informe sobre el desarrollo mundial 1992: desarrollo y medio ambiente*. Oxford University Press. Primera Edición. USA.

Beckerman, W. (1992) "Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?" *World Development* 20, pp. 481-496.

Brent, E.R (1974). "An economic interpretation of the Energy-GNP ratio" en Macrakis, Mc. *Energy Demand, Conservation and Institutional Problems*. Cambridge. MIT

Cipolla, C.M. (1962) "Sources d'énergie et Histoire de l'Humanité" *Annales E.S.C.*, 16 pp. 521-34.

Common M.S. (1995) *Sustainability and policy: Limits to economics*. Cambridge University Press. Melbourne.

Correa, F. (2007) “Crecimiento económico, desigualdad social y medioambiente: evidencia empírica para América Latina”, *Revista de Ingenieros Universidad de Medellín*, v.6, 010, pp. 11-30.

Costa, D. (1997) *Less of a luxury: the rise of recreation since 1888*. National Bureau of Economic Research Working Paper 6054.

De Bruyn, S.M. (1999) *Economic growth and the environment: an empirical analysis*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-98.

De Bruyn, S. M. y Heintz, R. J. (1999) “The environmental Kuznets curve hypothesis”, en Van Den Bergh, J. (ed), *Handbook of Environmental and Resource Economics*, Edgard Elgar, Cheltenham, Reino Unido, pp. 656-677.

De la Calle, L. (1999) *Linkages between trade and environment policies*. WTO high level symposium on trade and environment. Marzo.

Ekins, P. (1997) “The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence” *Environment and Planning A*, 29, pp. 805-830.

Giampietro, M. (1999) “Economic growth, human disturbance to ecological systems, and sustainability” en WALKER, L. R. (ed.), *Ecosystems of Disturbed Ground*, Elsevier, Amsterdam.

Gitli, E. y Hernández, G. (2002) “La existencia de la curva de Kuznets ambiental (CKA) y su impacto sobre las negociaciones internacionales”. Serie Doc. de Trabajo 009-2002, CINPE (Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible), Costa Rica.

Granger, C.W. (2004) “Análisis de series temporales, cointegración y aplicaciones”, *Revista Asturiana de Economía*, RAE N° 30, pp. 197-206.

Grossman, G.M. y Krueger, A.B. (1991) *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*. National Bureau of Economic Research. November. Working paper No. 3914.

Grossman, G.M. y Krueger, A.B. (1995) “Economic growth and the environment”. *The Quarterly Journal of Economic*, Mayo.

Hettige, H. Mani, M. y Wheeler, D. (1998) *Industrial pollution in economic development*. The World Bank Development Research Group. Policy Research Working Paper 1876. Junio.

Hsiao, C. (1981) “Autoregressive modelling and money-income causality detection” *Journal of Monetary Economics* 7, pp. 85-106.

Jevons, W.S (1865) *The Coal Question An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*, Macmillan and Co London

Jofré, J. (2006) "Patrones de consumo aparente de energías modernas y actividad económica en América Latina durante el siglo XX" *XIV Internacional Economic History Congreso*, Helsinki, Finlandia, disponible en <http://www.helsinki.fi/iehc2006/papers3/Jofre.pdf>

Kauffman, J.B., Cummings, D.L. y Ward, D. E. (1998) "Fire in the Brazilian Amazon. 2. Biomass, Nutrient Pools and Losses in Cattle Pastures", *Oecologia*, 113, pp. 415-427.

Kuznets, S. (1955) "Economic growth and income inequality", *American Economic Review*, 45, pp. 1-28.

Kraft, John y Arthur Kraft (1978) "On the relationship between energy and PNB", *Journal of Energy and Development* 3, pp. 401-403.

Liddle, B. (2004) "How tied are energy and PIB? Revisiting energy-PIB cointegration and causality for disaggregated OECD country data", mimeo. Disponible en: <http://eare2004.bkae.hu/download/paper/liddlepaper.doc>.

López, R. (1994) "The environment as a factor of production: The effects of economic growth and Trade Liberalization", *Journal of Environmental Economics and Management*, 40, 2, pp.137-150.

Lucas, R., Wheeler, D. y Hettige, H. (1992) "Economic development, environmental regulation and the international migration of toxic industrial pollution: 1960-88". In P. Low (Ed.), *International trade and the environment*. Washington D.C.: World Bank.

Masih, Abul M.M. y Rumi Masih (1996) "Energy consumption, real income and temporal causality: results from a multi-country study based on cointegration and error-correction modelling techniques", *Energy Economics* 18, pp. 165-183.

McConnell, K. (1997) "Income and demand for environmental quality", *Environment and Development Economics*, vol. 2. pp. 383-399.

Meadows, D.H., Meadows, D. L., Randers, J. y Behrens, W. (1972) *The Limits to Growth*, New York, Universe Books.

Mumford, L. (1981) *Técnica y civilización*, Alianza, Madrid. Nueva versión de 1934

Oh, W. y Kihoon, L. (2004) "Causal relationship between energy consumption and PIB revisited: the case of Korea 1970-1999", *Energy Economics* 26, pp. 51-59.

Panayotou, T. (1993) *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. Geneva: International Labor Office, Technology and Employment Programme.

Pereyra, A. y Rossi, M. (1996) *Los bienes ambientales, ¿constituyen un bien de lujo?*, Universidad de la República, Uruguay.

Roca, J. y Padilla, E. (2003) "Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España: la curva de Kuznets ambiental y el protocolo de Kyoto", *Economía industrial* 351, pp. 73-86.

Rothman, D.S. (1998) "Environmental Kuznets curve-real progress or passing the buck?". *Ecological Economics*. Vol. 25 N°2. Mayo.

Shafik, N. y Bandyopadhyay, S. (1992) *Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence*. Washington D.C.: World Bank.

Saif, S. (2006) "Correlation between energy usage and the rate of economic development" *Organization of the Petroleum Exporting Countries*, marzo, pp. 41-54.

Sari, R. y Ugur, S. (2004) "Disaggregate energy consumption, employment and income in Turkey", *Energy Economics* 26, pp. 335-344.

Schipper L. (2000) "On the rebound: the interaction of energy efficiency, energy use and economic activity. An introduction", *Energy Policy*, 28, pp. 351-353.

Schurr, S. et al.(1960) *Energy in the American economy. 1850-1975*. Jonh Hopkings Press. Baltimore.

Selden, T. M. y Song, D. (1994) "Environmental Quality and Development: is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?" *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, pp. 147-162.

Selden, T. M. y Song, D. (1994) "Neoclassical Growth, the Curve for Abatement and the Inverted U curve for Pollution", *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, pp. 147-162.

Shiu, A. y Lam, P. (2004) "Electricity consumption and Economic Growth in China" *Energy Policy* 32 (1), pp. 47-54.

Stagl, S. (1999) *Delinking economic growth from environmental degradation? A literature survey on the environmental Kuznets curve hypothesis*. Wirtschaftsuniversitat Wien. Working Paper Series.

Stern, D. (1993) "Energy and economic growth in the USA. A multivariate approach" *Energy Economics*, pp. 137-150.

Stern, D. (2000) "A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy", *Energy Economics*, 22, pp. 267-283.

Stern, D. y Common, M. (2001) "Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?" *Journal of Environmental Economics and Management*, 41, pp. 162-178.

Stern, D. y Cutler, J. (2004) "Energy and Economic Growth", *Rensselaer Working Papers in Economics* N° 0410, marzo. Rensselaer Polytechnic Institute, disponible en <http://www.rpi.edu/dept/economics/www/workingpapers/>.

Suri, V. y Chapman, D. (1998) "Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve". *Ecological Economics*, 25, 2.

Torras, M. y Boyce, J. (1998) "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve". *Ecological Economics*, 25, 2,

Wrigley, E.A (1962) "The supplí of raw materials in the industrial revolution" *Economic History Review* 15 (1), pp. 1-16

Zachariadis, T. (2007) "Exploring the relationship between energy use and economic growth with bivariate models: new evidence from G-7 countries" *Energy Economics*, 29, pp. 123-1253